

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра систем управления и информационных технологий в строительстве

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ по дисциплине

«Технологическое оборудование промышленных предприятий»

для студентов очного и заочного отделения, направления 27.03.02 Управление  
качеством профиль: Энергетический менеджмент в строительстве и  
промышленности

Часть 1

Воронеж 2021

УДК 658.562(07)

ББК 65.291.82я723

***Составители:***

*канд. техн. наук И.В. Поцбнева*

**Технологическое оборудование промышленных предприятий:** методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Технологическое оборудование промышленных предприятий» для студентов направления 27.03.02 Управление качеством профиль: Энергетический менеджмент в строительстве и промышленности / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: И.В. Поцбнева - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. - 36 с.

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Технологическое оборудование промышленных предприятий» разрабатывались на основе требований ФГОС с опорой на научные принципы формирования содержания образования. Данное пособие отражает актуальные направления 27.03.02 Управление качеством профиль: Энергетический менеджмент в строительстве и промышленности.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ПР \_ ТОШПч1

Ил. 7. Табл. 7. Библиогр.: 4 назв.

**УДК 658.562(07)**

**ББК 65.291.82я723**

**Рецензент** - И. В. Фатеева, канд. экон. наук, доцент кафедры инноватики и строительной физики имени профессора И.С. Суровцева Воронежского государственного технического университета

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целями дисциплины «Технологическое оборудование промышленных предприятий» является овладение обучающимися профессиональными компетенциями по проведению оценки и анализа качества сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий на соответствие требованиям нормативных документов и технических условий.

Оценка качества — это процесс проверки соответствия количественных или качественных характеристик продукции, или процесса, установленным техническим требованиям.

В ходе выполнения практических работ, обучающиеся приобретают знания и умения по использованию измерительного оборудования для применения различных методов и методик проведения контроля и испытаний качества сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, умения оценивать влияния качества сырья и материалов на качество готовой продукции, умения выбирать методы и способы определения значений технического состояния оборудования, оснастки, инструмента и средств измерения, планировать последовательности и сроки проведения метрологического надзора за оборудованием, оснасткой и измерительным инструментом используемым в производстве, оформлять результаты оценки проведенного контроля.

# **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ОБОРУДОВАНИЯ, ОСНАСТКИ, ИНСТРУМЕНТОВ**

### **Теоретическая часть**

#### **1. Основные термины и понятия**

Техническая диагностика – наука о распознавании состояния технической системы, включающая широкий круг проблем, связанных с получением и оценкой диагностической информации. Термин

«диагностика» происходит от греческого слова «diagnostikos», что означает распознавание, определение. В процессе диагностики устанавливается диагноз, т. е. определяется состояние больного (медицинская диагностика) или состояние технической системы (техническая диагностика). Согласно ГОСТ 20911-89, **техническая диагностика** – область знаний, охватывающих теорию, методы и средства определения технического состояния объектов. Результат диагностирования – **технический диагноз (результат контроля)**.

**Техническое состояние объекта** – состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных технической документацией на объект.

**Объект технического диагностирования (контроля технического состояния)** – изделие и (или) его составные части, подлежащие (подвергаемые) диагностированию (контролю). В качестве объекта могут выступать различные виды оборудования, оснастки и инструмента.

ГОСТ 20911-89 предусматривает использование двух терминов: «техническое диагностирование» и «контроль технического состояния». Термин "Техническое диагностирование" применяют в наименованиях и определениях понятий, когда решаемые задачи технического диагностирования равнозначны или основной задачей является поиск места и определение причин отказа (неисправности).

Термин "Контроль технического состояния" применяется, когда основной задачей технического диагностирования является определение вида технического состояния.

**Техническое диагностирование** – определение технического состояния объекта.

Задачами технического диагностирования являются:

- контроль технического состояния;
- поиск места и определение причин отказа (неисправности);
- прогнозирование технического состояния.

Таким образом, техническая диагностика решает обширный круг задач, многие из которых являются смежными с задачами других научных дисциплин. Основной проблемой технической диагностики является распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации.

Решение перечисленных задач, особенно для сложных технических систем и оборудования, позволяет получить большой экономический эффект и повысить промышленную безопасность соответствующих опасных производственных объектов. Техническая диагностика благодаря раннему обнаружению дефектов позволяет предотвратить внезапные отказы оборудования, что повышает надежность, эффективность и безопасность промышленных производств, а также дает возможность эксплуатации сложных технических систем по фактическому техническому состоянию. Эксплуатация по техническому состоянию может принести выгоду, эквивалентную стоимости 30 % общего парка машин.

Выделяют следующие виды технического диагностирования:

- **рабочее техническое диагностирование** – диагностирование, при котором на объект подаются рабочие воздействия;
- **тестовое техническое диагностирование** – диагностирование, при котором на объект подаются тестовые воздействия;
- **экспресс-диагностирование** – диагностирование по ограниченному числу параметров за заранее установленное время.

**Контроль технического состояния** – проверка соответствия значений параметров объекта требованиям, установленным документацией, и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени.

Различают следующие виды технического состояния, характеризуемые значением параметров объекта в заданный момент времени:

– **исправное состояние (исправность)** – состояние объекта, в котором он соответствует всем требованиям, установленным в документации на него. Соответствие всем требованиям документации может быть определено как состояние, в котором значения всех параметров объекта соответствуют всем требованиям документации на этот объект;

– **неисправное состояние (неисправность)** – состояние объекта, в котором он не соответствует хотя бы одному из требований, установленному в документации на него. Несоответствие хотя бы одному из предъявляемых требований может быть определено как состояние, в котором значения хотя бы одного параметра объекта не соответствуют требованиям документации на этот объект;

**работоспособное состояние (работоспособность) оборудования** – состояние объекта (оборудования), при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативной, технической и/или конструкторской (проектной) документации. Работоспособность оборудования подразумевает его исправность. Отсутствие необходимых внешних ресурсов может препятствовать работе объекта, но это не влияет на его пребывание в работоспособном состоянии;

**неработоспособное состояние (неработоспособность) оборудования** – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативной, технической документации и (или) конструкторской (проектной) документации; Объект может быть способен выполнять одни функции и одновременно не способен выполнять другие - в этом случае он находится в частично работоспособном состоянии;

**предельное состояние** – состояние объекта, в котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

**Критерий предельного состояния** – признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные в документации на него.

Понятие «исправное состояние» шире, чем понятие «работоспособное состояние». Исправный объект всегда работоспособен, неисправный объект может быть и работоспособным, и неработоспособным. Работоспособный объект может быть исправен и неисправен, неработоспособный объект всегда неисправен.

В соответствии с ГОСТ 278.002-2015 выделяют еще следующие виды технического состояния:

**Рабочее состояние** – состояние объекта, в котором он выполняет какую либо требуемую функцию. Рабочее состояние отличается от работоспособного отсутствием упоминания о способности (возможности) выполнить функцию, т.е. в рабочем состоянии объект уже выполняет какую-либо требуемую функцию, а в работоспособном состоянии объект потенциально способен ее выполнить, но не обязательно выполняет в данный момент.

**Нерабочее состояние** – состояние объекта, в котором он не выполняет ни одной из требуемых функций. Отличие нерабочего состояния от неработоспособного такое же, как и отличие рабочего состояния от работоспособного.

**Опасное состояние** – состояние объекта, в котором возникает недопустимый риск причинения вреда людям, или окружающей среде, или существенных материальных потерь, или других неприемлемых потерь. Опасное состояние может возникнуть как в результате отказа, так и в процессе работы объекта.

**Предотказное состояние** – состояние объекта, характеризующееся повышенным риском его отказа. Предотказное состояние может возникнуть как в результате внутренних процессов/причин, так и внешних воздействий на объект в процессе его функционирования.

**Отказ** – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта

Отказ может быть полным или частичным. Полный отказ характеризуется переходом объекта в неработоспособное состояние. Частичный отказ характеризуется переходом объекта в частично неработоспособное состояние.

**Контроль функционирования** – контроль выполнения объектом части или всех свойственных ему функций.

**Прогнозирование технического состояния** – определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени. Целью прогнозирования технического состояния может быть определение с заданной вероятностью интервала времени (ресурса), в течение которого сохранится работоспособное (исправное) состояние объекта или вероятности сохранения работоспособного (исправного) состояния объекта на заданный интервал времени

**1. Дефекты.** Техническое состояние оборудования определяется числом дефектов и степенью их опасности. Дефектом называют каждое отдельное несоответствие детали или технической системы требованиям, установленным технической документацией.

По расположению дефекты подразделяют на **наружные и внутренние** (скрытые). Наружные дефекты чаще всего обнаруживают визуально, скрытые – посредством различных методов неразрушающего контроля.

По форме дефекты бывают **объемные** и **плоскостные**. Объемные проявляются в виде изменения (искажения) начальной формы или размеров объекта, плоскостные – в виде трещин или полос скольжения.

По происхождению дефекты подразделяют на **производственные** и **эксплуатационные**. Производственные дефекты могут быть металлургическими, возникающими в процессе металлургического передела, и технологическими, возникающими при изготовлении детали. Такие дефекты обычно проявляются в начальный период работы оборудования – период приработки. Эксплуатационные дефекты возникают после некоторой наработки в результате износа, накопления усталостных и иных повреждений, а также из-за неправильного технического обслуживания и ремонта.

Практика показывает, что можно выделить следующие основные причины накопления дефектов и повреждений, приводящих к отказам оборудования по мере его эксплуатации:

- сквозные трещины, разрушения и деформации элементов оборудования, возникающие при превышении допускаемых напряжений;
- механический износ, обусловленный трением сопрягаемых поверхностей;
- эрозионно-кавитационные повреждения, вызванные воздействием потока жидкости или газа;
- деградация свойств материалов с течением времени и под воздействием эксплуатационных факторов;

– коррозия металлов и сплавов, коррозионно-механические повреждения, возникающие под влиянием коррозии, напряжений, трения и т.п.

По степени опасности дефекты разделяют на **критические**, **значительные** и **малозначительные**. Критическими являются дефекты, при наличии которых использование агрегата невозможно или недопустимо по условиям безопасности. К значительным относят дефекты, существенно влияющие на использование агрегата по назначению или на его долговечность. Малозначительные соответственно не оказывают существенного влияния ни на использование агрегата по назначению, ни на его долговечность.

При определении степени опасности дефекта учитывают напряженное состояние контролируемого изделия, вид дефекта, его размеры и ориентацию относительно действующих напряжений. Основными факторами, определяющими степень опасности дефекта, являются величина утонения герметичных перегородок и коэффициент концентрации механических напряжений (в трещинах – коэффициент интенсивности напряжений), показывающий, во сколько раз максимальные местные напряжения в зоне дефекта выше, чем в бездефектной зоне.

Виды допустимых дефектов и их величины приводятся в нормативной документации на контроль соответствующего изделия. Наиболее опасными являются плоскостные трещиноподобные дефекты, располагающиеся перпендикулярно действующим напряжениям. Основным параметром, характеризующим уровень концентрации напряжений в вершинах трещин, является критический коэффициент интенсивности напряжений.

## **1. Показатели надежности**

Совокупность свойств, определяющих степень пригодности оборудования для использования по назначению, называется качеством. Эти свойства характеризуются эксплуатационными показателями (мощность, расход топлива, скорость, производительность и т.д.), экономической эффективностью, технологичностью, показателями эстетики и эргономики, надежностью.

Надежность эксплуатируемой машины определяется в первую очередь ее техническим состоянием. По ГОСТ 27.002-2015 **надежность** – свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность оценивается через безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость, готовность или определенные сочетания этих свойств.

**Безотказность** – свойство оборудования непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения.

**Долговечность** – свойство оборудования, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях



использования, технического обслуживания и ремонта до наступления предельного состояния.

**Ремонтопригодность** – свойство оборудования, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта.

**Восстанавливаемость** – свойство оборудования, заключающееся в его способности восстанавливаться после отказа без ремонта. Для восстановления могут требоваться или не требоваться внешние воздействия. Для случая, когда внешние воздействия не требуются, может использоваться термин самовосстанавливаемость.

**Сохраняемость** – свойство оборудования сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования.

**Готовность** – свойство оборудования, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором оно может выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в предположении, что все необходимые внешние ресурсы обеспечены. Готовность зависит от свойств безотказности, ремонтопригодности и восстанавливаемости объекта.

**Ресурс** – наработка оборудования от начала эксплуатации или ее возобновления после капитального ремонта до наступления предельного состояния.

Из-за большого числа конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на надежность, точно ее рассчитать или предсказать нельзя. Надежность можно оценить только приближенно путем расчета с использованием теории вероятностей и математической статистики или специально организованных испытаний, а также сбора эксплуатационных данных об отказах.

Для оценки фактического технического состояния и контроля надежности оборудования (его основных узлов) производится анализ данных по временным показателям надежности оборудования — ресурсу, сроку службы, наработке (суммарной — с начала эксплуатации, с момента проведения последнего капитального ремонта).

На основе анализа количественных показателей надежности принимается решение о необходимости проведения диагностики

оборудования, его ремонта или замены. Наиболее важным показателем надежности является безотказность.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности технической системы или ее элементов. Критериями отказов оборудования являются: прекращение функционирования, снижение эксплуатационных параметров за предельно допустимый уровень. Наиболее опасными являются отказы, приводящие к катастрофическим ситуациям, возникновение которых

создает угрозу для жизни и здоровья людей, приводит к тяжелым экономическим потерям или причинению большого вреда окружающей среде.

Если последствием отказа является катастрофическая ситуация, то уровень надежности должен задаваться максимально высоким. Экономические вопросы в таком случае не являются первостепенными.

Отказы можно разделить на два вида: внезапные и постепенные. Внезапные отказы происходят в любой момент времени из-за различных непредвиденных обстоятельств: внезапного повышения нагрузки, механического повреждения, стихийных бедствий и др. Появлению постепенных отказов предшествует накопление дефектов и повреждений.

Для восстановления работоспособности оборудования применяют следующие виды ремонта: **реактивный ремонт, планово-предупредительный ремонт (ППР) и ремонт по фактическому техническому состоянию.** Реактивная система имеет ограниченное применение и предполагает выполнение ремонта оборудования только в том случае, если оно выходит из строя или полностью вырабатывает свой ресурс. Данную систему применяют при использовании легкозаменяемого недорогого оборудования при наличии дублирования наиболее важных участков технологического процесса.

При невозможности или нецелесообразности дублирования применяют систему ППР, которая представляет собой совокупность организационно-технических мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту, проводимых в плановом порядке. Сущность системы ППР заключается в том, что после отработанного заданного числа часов проводится определенный вид планового ремонта – регламентное техническое обслуживание, текущий, средний и капитальный ремонты.

**Техническое обслуживание (ТО)** подразделяют на периодическое и сезонное. Сезонное ТО включает сезонную замену сортов масел (зимних или летних), установку или снятие утеплений, предпускового подогрева и т.д. Периодическое ТО регламентируется руководствами по эксплуатации соответствующего оборудования и включает периодическую промывку фильтров, замену шинно- пневматических муфт, регулировку тормозов, осмотр и чистку от- дельных узлов, регулировку натяжения и т.д.

**Текущий ремонт** не бывает продолжительным и часто выполняется одновременно с ТО. В его состав входит устранение небольших неисправностей, замена мелких, быстро изнашивающихся деталей и узлов (например, замена вкладышей подшипников, сальниковых уплотнений, устранение повышенных зазоров, крепеж элементов оборудования и т.д.).

**Средний ремонт** в отличие от текущего предусматривает замену основных узлов и деталей (например, силовых и трансмиссионных валов, зубчатых колес, крыльчаток центробежных насосов и т.д.) и выполняется, как правило, с полной или частичной разборкой агрегата.

**Капитальный ремонт** всегда сопряжен с полной разборкой машины и ставит своей задачей замену или восстановление до первоначального состояния всех изношенных узлов и деталей. По окончании ремонта проводятся приемосдаточные испытания, в том числе испытания под нагрузкой. Нередко капитальный ремонт совмещают с модернизацией, что позволяет не только полностью восстановить ресурс машины, но и превзойти первоначальные показатели.

Помимо перечисленных возможны также внеплановые ремонты, вызванные аварийными отказами оборудования из-за преждевременного износа или форс-мажорных обстоятельств (например, наводнения или оползни, закупорка трубопроводов льдом или гидратами и т.д.).

### **1. Система технического диагностирования**

**Системой технического диагностирования** (контроля технического состояния) называют совокупность средств, объекта и исполнителей, необходимую для проведения диагностирования (контроля) по правилам, установленным в технической документации. Объектами технической диагностики являются технологическое оборудование или конкретные производственные процессы.

**Средство контроля** – техническое устройство, вещество или материал для проведения контроля. Если средство контроля обеспечивает возможность измерения контролируемой величины, то контроль называют измерительным. Средства контроля бывают встроенными, являющимися составной частью объекта, и внешними, выполненными конструктивно отдельно от объекта. Различают также аппаратные и программные средства контроля. К аппаратным относят различные устройства: приборы, пульта, стенды и т.п. Программные средства представляют собой прикладные программы для ЭВМ.

**Исполнители** – это специалисты службы контроля или технической диагностики, обученные и аттестованные в установленном порядке и имеющие право выполнять контроль и выдавать заключения по его результатам.

**Методика контроля** – совокупность правил применения определенных принципов и средств контроля. Методика содержит порядок измерения параметров, обработки, анализа и интерпретации результатов.

Для каждого объекта можно указать множество параметров, характеризующих его техническое состояние (ПТС). Их выбирают в зависимости от применяемого метода диагностирования (контроля). Изменения значений ПТС в процессе эксплуатации связаны либо с внешними воздействиями на объект, либо с повреждающими (деградационными) процессами (процессами, приводящими к деградационным отказам из-за старения металла, коррозии и эрозии, усталости и т.д.).

Параметры объекта, используемые при его диагностировании (контроле), называются диагностическими (контролируемыми) параметрами. Следует различать прямые и косвенные диагностические параметры. Прямой

структурный параметр (например, износ трущихся элементов, зазор в сопряжении и др.) непосредственно характеризует техническое состояние объекта. Косвенный параметр (например, давление масла, температура, содержание CO<sub>2</sub> в отработанных газах и др.) косвенно характеризует техническое состояние. Об изменении технического состояния объекта судят по значениям диагностических параметров, позволяющих определить техническое состояние объекта без его разборки. Набор диагностических параметров устанавливается в нормативной документации по техническому диагностированию объекта или определяется экспериментально.

Количественные и качественные характеристики диагностических параметров являются признаками того или иного дефекта. У каждого дефекта может быть несколько признаков, в том числе некоторые из них могут быть общими для группы разных по природе дефектов.

Теоретическим фундаментом технической диагностики считают общую теорию распознавания образов, являющуюся разделом технической кибернетики. К решению задачи распознавания существует два подхода: вероятностный и детерминистский. Вероятностный использует статистические связи между состоянием объекта и диагностическими параметрами и требует накопления статистики соответствия диагностических параметров видам технического состояния. Оценка состояния при этом осуществляется с определенной достоверностью. Детерминистский подход, применяемый чаще всего, использует установленные закономерности изменения диагностических параметров, определяющих состояние объекта.

Помимо теории распознавания, в технической диагностике используют также теорию контролеспособности. **Контролеспособность** определяется конструкцией объекта, задается при его проектировании и является свойством объекта обеспечивать возможность достоверной оценки диагностических параметров. Недостаточная достоверность оценки технического состояния является фундаментальной причиной низкой достоверности распознавания состояния оборудования и оценки его остаточного ресурса.

Таким образом, в результате предшествующих исследований устанавливают связи между характеристиками диагностических параметров и состоянием объекта и разрабатывают диагностические алгоритмы (алгоритмы распознавания), представляющие собой последовательность определенных действий, необходимых для постановки диагноза. Диагностические алгоритмы включают также систему диагностических параметров, их эталонные уровни и правила принятия решения о принадлежности объекта к тому или иному виду технического состояния.

Состояние технической системы может описываться множеством параметров. При диагностировании сложных систем, работоспособность которых характеризуется большим числом параметров, возникает ряд дополнительных проблем, а именно:

– необходимо установить номенклатуру основных диагностических параметров, характеризующих работоспособность системы, и задать технические средства их контроля;

– по совокупности этих параметров необходимо разработать алгоритм оценки технического состояния системы и соответствующие программные продукты для ЭВМ.

Показатели приспособленности к диагностированию (ПД) определяют:

- для обоснования выбора оптимального варианта ПД изделий;
- для контроля качественных требований;
- для накопления статистических данных о ПД конкретных типов изделий и последующего использования этих данных при обеспечении ПД изделий.

Номенклатура показателей должна быть следующей:

- средняя оперативная трудоемкость данного вида диагностирования;
- коэффициент безразборного диагностирования.

В зависимости от специфики применения изделия вместо средней оперативной трудоемкости данного вида диагностирования может применяться средняя оперативная продолжительность данного вида диагностирования или удельная суммарная оперативная трудоемкость диагностирования. Для изделий общей техники показатели ПД устанавливаются в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

Значения показателей ПД изделий должны выбираться с учетом:

- требований к эффективности и надежности изделий;
- результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- требований действующей нормативно-технической документации.

Качественные требования должны содержать общие требования к параметрам, методам, средствам технического диагностирования (СТД), к конструкции изделия.

Общие требования к параметрам, методам и СТД в зависимости от вида и назначения систем диагностирования с учетом специфики применения изделия должны включать в себя:

- требования к количеству диагностических параметров, обеспечивающих получение достаточной информации о техническом состоянии изделия;
- требования к номенклатуре встроенных и внешних СТД, их точности и достоверности;
- требования к обеспечению оптимальности алгоритма диагностирования, устанавливаемого исходя из цели диагностирования с учетом обеспечения наиболее экономичной эксплуатации изделия при заданном уровне их безотказности.

Общие требования к конструкции изделия должны содержать:

– требования к введению в конструкцию изделия как ее составной части устроенных измерительных преобразователей, обеспечивающих выдачу контролируемых сигналов на внешнее СТД;

– требования к введению в конструкцию изделия как ее составной части встроенных СТД (встроенных измерительных преобразователей, измерительных приборов, средств микропроцессорной техники);

– требования к введению в конструкцию встроенных элементов контроля (смотровые или мерные стекла, прозрачные трубки и др.), обеспечивающие визуальный контроль параметров;

– требования к применению унифицированных и (или) стандартизованных устройств сопряжения (присоединения) с внешними СТД с учетом обеспечения их взаимного согласования (для изделий серийного и массового производства);

– требования к числу, расположению и доступности устройств сопряжения (присоединения) и (или) мест установки измерительных преобразователей на изделии, исходя из минимальной трудоемкости подготовительных и заключительных работ для диагностирования с учетом минимальных демонтажных работ;

– требования к исполнению устройств сопряжения (присоединения) в конструкции изделия для подсоединения первичных измерительных преобразователей и (или) переходных устройств с указанием способа сопряжения, качества сопрягаемых поверхностей и конкретных присоединительных размеров с учетом размеров свободной зоны вокруг устройства сопряжения, позволяющей размещать в ней внешнее СТД, устанавливаемое на изделие;

– требования к легкосоединяемости и легкоъемности устройств сопряжения (присоединения);

– требования к безопасному и однозначному соединению устройств сопряжения (присоединения) изделия и СТД с учетом обеспечения пожаробезопасности, эргономических и эстетических показателей;

– требования к защите устройств сопряжения (присоединения) с СТД от повреждений и загрязнений при работе изделия;

– требования к обозначению устройств сопряжения (присоединения) изделия с СТД.

Требования по ПД изделий включают в следующие документы:

– технические задания на разработку или модернизацию изделий;

– конструкторские документы;

– стандарты вида общих технических требований (технических требований), общих технических условий (технических условий);

– стандарты общетехнические и организационно-методические по приспособленности к диагностированию.

Показатели ПД изделий контролируются путем определения соответствия фактических значений показателей ПД заданным их значениям в техническом задании на разработку или модернизацию изделия.

Значения показателей ПД определяют в процессе приемочных испытаний.

Фактические значения показателей ПД вносят в протокол испытаний.

В качестве показателей и характеристик технического диагностирования (контроля технического состояния) выделяют продолжительность, достоверность, полнота технического диагностирования, глубина поиска места отказа, условная вероятность необнаруженного отказа, условная вероятность ложного отказа при диагностировании, условная вероятность необнаруженного / ложного отказа в данном элементе.

**Продолжительность технического диагностирования (контроля технического состояния)** – интервал времени, необходимый для проведения диагностирования (контроля) объекта.

**Достоверность технического диагностирования (контроля технического состояния)** – степень объективного соответствия результатов диагностирования (контроля) действительному техническому состоянию объекта.

**Полнота технического диагностирования (контроля технического состояния)** – характеристика, определяющая возможность выявления отказов (неисправностей) в объекте при выбранном методе его диагностирования (контроля).

**Глубина поиска места отказа (неисправности)** – характеристика, задаваемая указанием составной части объекта с точностью, до которой определяется место отказа (неисправности).

**Условная вероятность необнаруженного отказа (неисправности) при диагностировании (контроле)** – вероятность того, что неисправный (неработоспособный) объект в результате диагностирования (контроля) признается исправным (работоспособным).

**Условная вероятность ложного отказа (неисправности) при диагностировании (контроле)** – вероятность того, что исправный (работоспособный) объект в результате диагностирования (контроля) признается неисправным (неработоспособным).

**Условная вероятность необнаруженного отказа (неисправности) в данном элементе (группе)** – вероятность того, что при наличии отказа (неисправности) в результате диагностирования принимается решение об отсутствии отказа (неисправности) в данном элементе (группе).

**Условная вероятность ложного отказа (неисправности) в данном элементе (группе)** – вероятность того, что при отсутствии отказа (неисправности) в результате диагностирования принимается решение о наличии отказа (неисправности) в данном элементе (группе).

### **Задания для практической работы**

**Практическая работа.** Определение критериев и показателей оценки технического состояния в зависимости от вида оборудования, оснастки, инструментов

**Задание 1.** Основные термины и понятия.

Изучите теоретический материал, представленный в методических указаниях. Составьте глоссарий терминов по теме практической работы. Термины в глоссарии расположить в алфавитном порядке.

Глоссарий – толковый словарь понятий и терминов, употребляемых в изучаемой дисциплине или разделе. Для составления глоссария по заданной теме нужно найти информацию с разных источников (сеть Internet, энциклопедии, практические пособия, учебная литература), изучить ее и составить в рукописном варианте или пользуясь текстовым процессором.

Задание должно быть представлено на бумаге формата А4 в печатном (компьютерном) или рукописном варианте.

Общие требования:

1. Глоссарий состоит из слов, соответствующих тематике задания.
2. Используемые слова должны быть именами существительными в именительном падеже единственного числа.
3. Допускается использование иностранных слов, если они подходят теме.
4. Не допускаются аббревиатуры, сокращения.
5. Все тексты должны быть написаны разборчиво, желательно отпечатаны.

Примерная структура глоссария:

1. 1 лист – титульный;
2. 2 – 5 лист – толковый словарь терминов;
3. 6 лист – список используемой литературы. Планирование деятельности по составлению глоссария:
  1. Определить, с какой целью составляется глоссарий.
  2. Просмотреть и изучить лексико-грамматический материал по теме.
  3. Продумать составные части глоссария.
  4. Изучить дополнительный материал по теме.
  5. Составить список слов.
  6. Подобрать толкование слов.
  7. Проверить орфографию текста, соответствие нумерации.
  8. Проанализировать составленный глоссарий согласно критериям оценивания.
  9. Оформить готовый глоссарий.

**Контрольные вопросы**

1. Что такое техническая диагностика?
2. Что понимают под техническим диагнозом?
3. Дайте определение: техническое состояние объекта.



4. Дайте определение: объект технического диагностирования?
5. Перечислите задачи технического диагностирования.
6. Какие виды технического диагностирования выделяют?
7. Дайте определение: контроль технического состояния.
8. Какие виды технического состояния различают? Охарактеризуйте особенности каждого вида.
9. Дайте определение: рабочее состояние / нерабочее состояние / опасное состояние / предотказное состояние.
10. Дайте определение: отказ. Какие видов отказа выделяют?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2**

### **ВЫБОР МЕТОДОВ И СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ОСНАСТКИ, ИНСТРУМЕНТОВ**

#### **Теоретическая часть**

##### **1. Основные термины и понятия**

**Техническое состояние объекта** – состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных технической документацией на объект.

К факторам, под воздействием которых изменяется техническое состояние объекта, можно отнести действия климатических условий, старение с течением времени, операции регулировки и настройки в ходе изготовления или ремонта, замену отказавших элементов и т.п. Об изменении технического состояния объекта судят по значениям диагностических (контролируемых) параметров, позволяющих определить техническое состояние объекта без его разборки.

Различают следующие виды технического состояния, характеризующиеся значением параметров объекта в заданный момент времени:

– **исправное состояние (исправность)** – состояние объекта, в котором он соответствует всем требованиям, установленным в документации на него. Соответствие всем требованиям документации может быть определено как состояние, в котором значения всех параметров объекта соответствуют всем требованиям документации на этот объект;

– **неисправное состояние (неисправность)** – состояние объекта, в котором он не соответствует хотя бы одному из требований, установленному в документации на него. Несоответствие хотя бы одному из предъявляемых требований может быть определено как состояние, в котором значения хотя бы одного параметра объекта не соответствуют требованиям документации на этот объект;

– **работоспособное состояние (работоспособность) оборудования** – состояние объекта (оборудования), при котором значения всех параметров,

характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативной, технической и/или конструкторской (проектной) документации. Работоспособность оборудования подразумевает его исправность. Отсутствие необходимых внешних ресурсов может препятствовать работе объекта, но это не влияет на его пребывание в работоспособном состоянии;

– **неработоспособное состояние (неработоспособность) оборудования** – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативной, технической документации и (или) конструкторской (проектной) документации; Объект может быть способен выполнять одни функции и одновременно не способен выполнять другие - в этом случае он находится в частично работоспособном состоянии;

– **предельное состояние** – состояние объекта, в котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

В соответствии с ГОСТ 278.002-2015 выделяют еще следующие виды технического состояния:

**Рабочее состояние** – состояние объекта, в котором он выполняет какую либо требуемую функцию. Рабочее состояние отличается от работоспособного отсутствием упоминания о способности (возможности) выполнить функцию, т.е. в рабочем состоянии объект уже выполняет какую-либо требуемую функцию, а в работоспособном состоянии объект потенциально способен ее выполнить, но не обязательно выполняет в данный момент.

**Нерабочее состояние** – состояние объекта, в котором он не выполняет ни одной из требуемых функций. Отличие нерабочего состояния от неработоспособного такое же, как и отличие рабочего состояния от работоспособного.

**Опасное состояние** – состояние объекта, в котором возникает недопустимый риск причинения вреда людям, или окружающей среде, или существенных материальных потерь, или других неприемлемых потерь. Опасное состояние может возникнуть как в результате отказа, так и в процессе работы объекта.

**Предотказное состояние** – состояние объекта, характеризуемое повышенным риском его отказа. Предотказное состояние может возникнуть как в результате внутренних процессов/причин, так и внешних воздействий на объект в процессе его функционирования.

**Отказ** – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Отказ может быть полным или частичным. Полный отказ характеризуется переходом объекта в неработоспособное состояние. Частичный отказ характеризуется переходом объекта в частично неработоспособное состояние.

**Контроль технического состояния** – проверка соответствия значений параметров объекта требованиям, установленным документацией, и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени.

**Прогнозирование технического состояния** – определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени. Целью прогнозирования технического состояния может быть определение с заданной вероятностью интервала времени (ресурса), в течение которого сохранится работоспособное (исправное) состояние объекта или вероятности сохранения работоспособного (исправного) состояния объекта на заданный интервал времени.

## **1. Виды средств технического диагностирования**

**Средство технического диагностирования** (контроля технического состояния) – аппаратура и программы, с помощью которых осуществляется диагностирование (контроль).

К аппаратурным средствам диагностирования (контроля) относят различные устройства: приборы, пульта, стенды, специальные вычислительные машины, встроенную аппаратуру контроля вычислительных и управляющих машин и т.п.

Программные средства диагностирования (контроля) представляют собой программы, записанные, например, на перфоленте. При этом используют как рабочие программы объекта, содержащие дополнительные операции, необходимые для диагностирования (контроля) объекта, так и программы, специально составленные исходя из требований диагностирования (контроля) объекта.

Рабочие программы позволяют осуществлять диагностирование (контроль) объекта в процессе использования его по прямому назначению, а специальные программы требуют перерывов в выполнении объектом его рабочих функций.

Примерами объектов, диагностируемых программными средствами, являются универсальные или специализированные вычислительные, управляющие или логические машины.

**Диагностический (контролируемый) параметр** – параметр объекта, используемый при его диагностировании (контроле).

Для каждого объекта можно указать множество параметров, характеризующих его техническое состояние. Их выбирают в зависимости от применяемого метода диагностирования (контроля).

Следует различать прямые и косвенные диагностические (контролируемые) параметры. Прямой – структурный параметр (например, износ, зазор в сопряжении и др.) непосредственно характеризует техническое состояние объекта. Косвенный параметр (например, давление масла, время, содержание СО в отработавших газах и др.) косвенно характеризует техническое состояние.

**Приспособленность объекта к диагностированию (контролепригодность)** – свойство объекта, характеризующее его пригодность к проведению диагностирования (контроля) заданными средствами диагностирования (контроля).

Приспособленность объекта к диагностированию (контролепригодность) обеспечивается со стадии его разработки.

Конструкция объекта и его составных частей должна обеспечивать доступ к контрольным точкам без разборки узлов и механизмов, за исключением вскрытия технологических люков, заглушек и т.д., открывающих доступ к местам сопряжений датчиков со средствами диагностирования (контроля) и исключать возможность повреждения сборочных единиц при присоединении средств диагностирования (контроля). Конструктивное оформление мест присоединения средств диагностирования (контроля) должно быть, по возможности, простым (резьбовые отверстия с заглушками, запорные устройства, крышки и т.п.).

**Диагностическая модель** – формализованное описание объекта, необходимое для решения задач диагностирования. Описание может быть представлено в аналитической, табличной, векторной, графической и других формах.

В качестве диагностических моделей могут рассматриваться дифференциальные уравнения, логические соотношения, диаграммы прохождения сигналов и др.

По методам представления взаимосвязей между состоянием объекта, его элементами и параметрами, диагностические модели подразделяют на следующие виды: непрерывные, дискретные, специальные.

Выбор того или иного типа модели для представления конкретного объекта зависит от целого ряда таких факторов, как условия эксплуатации, возможное конструктивное выполнение, тип комплектующих элементов и т.п.

Выбор диагностических моделей производится с учетом: специфики объекта; условий использования; методов диагностирования.

**Диагностическое обеспечение** – комплекс взаимоувязанных правил, методов, алгоритмов и средств, необходимых для осуществления диагностирования на всех этапах жизненного цикла объекта.

Диагностическое обеспечение объекта включает правила, методы, алгоритмы и средства технического диагностирования. Для того чтобы объект был приспособлен к диагностированию, необходимо при его проектировании разрабатывать диагностическое обеспечение. Диагностическое обеспечение проектируемого объекта получают в результате анализа его диагностической модели. Строится диагностическая модель на основе предполагаемой конструкции, условий использования и эксплуатации объекта. В результате исследования диагностической модели устанавливают диагностические признаки, прямые и косвенные параметры и методы их оценки, определяют

условия работоспособности, разрабатывают алгоритмы диагностирования. Совокупность этих данных называют диагностическим обеспечением.

**Алгоритм технического диагностирования (контроля технического состояния)** – совокупность предписаний, определяющих последовательность действий при проведении диагностирования (контроля). Алгоритм диагностирования (контроля) устанавливает состав и порядок проведения элементарных проверок объекта и правила анализа их результатов. Элементарная проверка определяется рабочим или тестовым воздействием, поступающим или подаваемым на объект, а также составом признаков и параметров, образующих ответ объекта на соответствующее воздействие. Конкретные значения признаков и параметров, получаемых при диагностировании (контроле), являются результатами элементарных проверок или значениями ответов объекта.

Различают безусловные алгоритмы диагностирования (контроля), у которых порядок выполнения элементарных проверок определен заранее, и условные алгоритмы диагностирования (контроля), у которых выбор очередных элементарных проверок определяется результатами предыдущих.

Если диагноз составляется после выполнения всех элементарных проверок, предусмотренных алгоритмом, то последний называется алгоритмом с безусловной остановкой. Если же анализ результатов делается после выполнения каждой элементарной проверки, то алгоритм является алгоритмом с условной остановкой.

**Система технического диагностирования (контроля технического состояния)** – совокупность средств, объекта и исполнителей, необходимая для проведения диагностирования (контроля) по правилам, установленным в технической документации.

**Автоматизированная система технического диагностирования (контроля технического состояния)** – система диагностирования (контроля), обеспечивающая проведение диагностирования (контроля) с применением средств автоматизации и участием человека.

**Автоматическая система технического диагностирования (контроля технического состояния)** – система диагностирования (контроля), обеспечивающая проведение диагностирования (контроля) без участия человека.

По конструктивным показателям средства технического диагностирования подразделяют на встроенные и внешние.

**Встроенное средство технического диагностирования (контроля технического состояния)** – средство диагностирования (контроля), являющееся составной частью объекта.

**Внешнее средство технического диагностирования (контроля технического состояния)** – средство диагностирования (контроля), выполненное конструктивно отдельно от объекта.

По области применения средства технического диагностирования подразделяют на специализированные и универсальные.

**Специализированное средство технического диагностирования (контроля технического состояния)** – средство, предназначенное для диагностирования (контроля) одного объекта или группы однотипных объектов.

**Универсальное средство технического диагностирования (контроля технического состояния)** – средство, предназначенное для диагностирования (контроля) объектов различных типов.

## **2. Методы оценки технического состояния оборудования**

Техническое состояние оборудования определяется числом дефектов и степенью их опасности.

Различают субъективные и объективные методы оценки технического состояния оборудования.

Под **субъективными (органолептическими) методами** подразумеваются такие методы оценки технического состояния оборудования, при которых для сбора информации используются органы чувств человека, а также простейшие устройства и приспособления, предназначенные для увеличения чувствительности в рамках диапазонов, свойственных органам чувств человека. При этом для анализа собранной информации используется аналитико-мыслительный аппарат человека, базирующийся на полученных знаниях и имеющемся опыте. К субъективным методам оценки технического состояния относят визуальный осмотр, контроль температуры, анализ шумов и другие методы.

Под **объективными (приборными) методами** подразумеваются такие методы оценки технического состояния, при которых для сбора и анализа информации используются специализированные устройства и приборы, электронно-вычислительная техника, а также соответствующее программное и нормативное обеспечение. К объективным методам оценки технического состояния относятся вибрационная диагностика, методы неразрушающего контроля (магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, оптический, радиационный, ультразвуковой, контроль проникающими веществами) и другие.

### **3.1. Органолептические методы оценки технического состояния оборудования**

#### **3.1.1. Шумы механизмов**

В механических устройствах степень повреждения определяется по характеру взаимодействия контактирующих деталей. Физическое проявление соударения деталей во время работы реализуется в виде распространения упругих волн акустического диапазона, возникновения механических колебаний (вибраций) и ударных импульсов. Несмотря на единую физическую природу, каждое из этих проявлений имеет свои особенности и различным образом отображает происходящие процессы. Упругие волны, порождающие

акустические колебания имеют частотный диапазон 20-16000 Гц и прослушиваются в непосредственной близости от оборудования.

Основные наблюдаемые отклонения акустических шумов:

- глухие толчки при изменении направления вращения валов механизма соответствуют износу шпоночных или шлицевых соединений, элементов муфт, повышенному зазору в зубчатой передаче;

- слабые стуки низкого тона соответствуют сколам шлицов, ослаблению шпоночного соединения, несоосности соединительных муфт;

- резкий металлический звук сопровождает повреждения соединительных муфт;

- свистящий звук возникает при проскальзывании ремней ременной передачи;

- частые резкие удары соответствуют биениям муфт, а также неправильной сборке валов.

Прослушивание механических колебаний, возникающих при работе механизма, является распространенным методом определения состояния работающего оборудования. Механические колебания низкой и средней частоты легко распространяются по корпусным деталям механизма. Для их прослушивания используется **технический стетоскоп**, состоящий из металлической трубки и деревянного или текстолитового наушника (рис. 11.1). Металлическая трубка, установленная на корпусе механизма, позволяет преобразовать механические колебания в акустические, распространяемые по стенкам трубки к наушнику. Этот метод настолько доказал свою надёжность, что требования по прослушиванию шумов механизмов включены во все правила технического обслуживания и инструкции по эксплуатации оборудования.



**Рис. 2.1.** Технический стетоскоп: а) схема; б) общий вид

Решение задачи распознавания повреждений основывается на знании характерных шумов элементов механизмов.

Характерные шумы подшипников качения:

- незначительный ровный шум низкого тона свидетельствует о нормальном состоянии подшипника качения.

- глухой прерывистый шум – о загрязнённости смазки.

- звенящий (металлический) шум – о недостаточной смазке, возникает также при повышенном радиальном зазоре.

– свистящий шум указывает на взаимное трение скольжения деталей подшипникового узла.

– скрежет, резкое частое постукивание возникает при повреждениях сепаратора или тел качения.

– глухие периодические удары – результат ослабления посадки подшипника, дисбаланса ротора.

– воющий звук, скрежетание, гремящий шум, интенсивный стук указывают на повреждение элементов подшипника.

Решение задачи распознавания повреждений основывается на знании характерных шумов элементов механизмов.

Характерные шумы зубчатых передач:

– ровный жужжащий шум низкого тона характерен для нормальной работы зубчатой передачи. Косозубая передача в этом случае имеет ровный воющий шум низкого тона.

– шум высокого тона, переходящий с увеличением частоты вращения в свист и вой, и непрерывный стук в зацеплении происходят при искажении формы работающих поверхностей зубьев или при наличии на них местных дефектов.

– дребезжащий металлический шум, сопровождающийся вибрацией корпуса, возможен вследствие малого бокового зазора или несоосности, непараллельности колес.

– циклический (периодический) шум, появляющийся с каждым оборотом колеса, то ослабевающий, то усиливающийся, указывает на эксцентричное расположение зубьев относительно оси вращения.

– циклические удары, грохот, глухой стук свидетельствуют об изломе зуба.

Характерные шумы подшипников скольжения:

– монотонный и шелестящий шум соответствует нормальной работе.

– свист высокого тона, скрежет соответствуют отсутствию смазки.

– периодические удары, резкое металлическое постукивание соответствуют задирам на поверхности подшипников скольжения, несоосности валов и выкрашиванию.

– звенящий металлический шум соответствует недостаточному количеству смазки.

– циклические удары низкого тона соответствуют повышенной вязкости масла.

Звон металлических деталей при ударе, например, молотком, используется для определения наличия дефектов. Звук, издаваемый стальной деталью, содержащей дефект, дребезжащий, более низкий и глухой по сравнению со звуком бездефектной детали, имеющей чистый, высокий звук. Данный метод достаточно эффективен применительно к контролю затяжки



резьбовых соединений, целостности деталей простой формы. В более сложных случаях его использование ограничено.

Каждый механизм содержит две причины шумов: механического и электрического характера. Воющий звук, исчезающий при отключении питания электродвигателя, указывает на повреждения в электрической части мотора.

Значительные повреждения приводят к нарушению повторяемости шумовой картины. Степень повреждения определяется интенсивностью шума. Шум, вызывающий болевые ощущения при прослушивании техническим стетоскопом, является пределом эксплуатации деталей.

Указанные виды шумов в истинном виде проявляются редко. Акустическая картина механизма составляется из совокупности шумов всех элементов, определяется размерами, характером смазывания, нагрузками, температурой и другими факторами. Поэтому приведенная классификация служит исходной информацией при расшифровке конкретной акустической картины механизма. Качество расшифровки и правильность постановки диагноза зависит от квалификации, подготовленности и опыта персонала.

Основная рекомендация – при появлении высокочастотного резкого шума следует провести осмотр узла – это позволит уточнить характер и степень повреждения.

### 3.2. Вибрация механизмов

Наибольшая чувствительность при воздействии вибрации на человека наблюдается при частоте 100-300 Гц. Распознать частоту колебаний практически невозможно, если эти колебания происходят с частотой свыше 5 Гц. Человек ощущает дискомфорт, находясь рядом с машиной, генерирующей частоты, совпадающие с резонансными частотами частей тела (преимущественно низкочастотные колебания). Если колебания настолько редки, что глаз различает каждое из них в отдельности, то частота определяется подсчётом полных колебаний за некоторый промежуток времени. С уменьшением размаха колебаний точность глазомерного восприятия уменьшается.

Используются различные методы визуализации механических колебаний.

Характер прямой линии, проведенной по бумаге, лежащей на корпусе механизма, позволяет качественно оценить частоту и интенсивность колебаний (рис. 11.2). При этом регистрируются колебания в направлении, перпендикулярном направлению движения карандаша. Скорость перемещения карандаша должна быть как можно более постоянной.

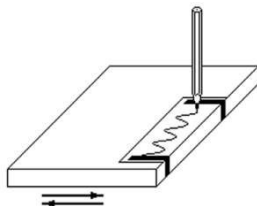


Рис. 2.2. Пример “ручной” записи механических колебаний

Для сравнения размаха колебаний различных узлов механизма, колеблющихся в вертикальной плоскости возможно использование мелких вспомогательных предметов. Различное поведение монет, гаек, шайб, песка в различных местах механизма поможет выявить узлы с наибольшей вибрацией. Однако данный индикатор нечувствителен к высокочастотным колебаниям.

В случае необходимости регистрации относительно больших амплитуд колебаний (0,5-10 мм) с точностью до 0,5 мм при малой частоте (10-20 Гц) возможно применение мерного клина. Мерный клин (рис. 11.3) наклеивается на исследуемый объект. Наличие пространственных компонентов вибрации, действующих перпендикулярно к измеряемой плоскости, может исказить результат. Поэтому мерный клин применяется главным образом для измерения прямолинейной вибрации, в частности колебаний: сит, грохотов, вибростендов.



**Рис. 2.3.** Установка мерного клина для измерения амплитуды колебания вибрационного дозатора

Поверхность жидкости, в резервуаре, установленном или соединённом с вибрирующим объектом, приобретает заметную волнистость. Характер волн определяется частотой колебаний, а высота волны зависит от амплитуды колебаний. Иногда такие наблюдения позволяют сделать предварительные выводы о параметрах вибрации. Например, при боковом освещении поверхности воды можно обнаружить наличие вибрации при амплитудах менее 10 мкм без дополнительного увеличения.

### **3.3. Контроль температуры механизмов**

Температура нагрева корпусов механизмов, как диагностический параметр, имеет две особенности:

- появление некоторых видов неисправностей вызывает повышение температуры корпуса механизма;
- инерционность нагрева металлических деталей, корпусов и опор не позволяет использовать данный параметр для определения внезапных отказов и зарождающихся повреждений.

Правила технической эксплуатации регламентируют предельную температуру корпусов подшипников, которая не должна превышать температуру окружающей среды более чем на 40 °С и быть не выше 60-80 °С. Для некоторых механизмов, имеющих циркуляционную систему смазки или охлаждения, оценивают разницу температур масла или воды на выходе и входе. Это позволяет контролировать тепловые процессы, общее состояние

оборудования, а также степень его ухудшения. Обычно разница температур на выходе и входе не должна превышать 5-10 °С.

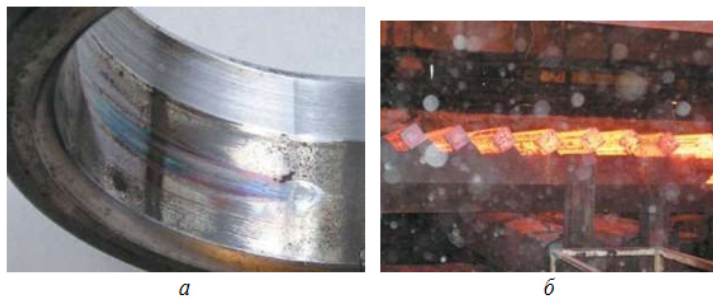
Пределом для непосредственного восприятия является температура 60 °С – выдерживаемая тыльной стороной ладони без болевых ощущений в течение 5 с. Использование дополнительных средств – брызг воды позволяет контролировать значения 70 °С – видимое испарение пятен воды и 100 °С – кипение воды внутри капли на поверхности корпусной детали.

Основные причины, вызывающие повышение температуры:

- дефекты системы смазывания:
- недостаточное или избыточное количество смазки;
- загрязнение смазки;
- неверный выбор смазочного материала;
- повреждения подшипников качения:
- износ или повреждение колец или тел качения;
- разрушение сепаратора;
- проворачивание подшипника на валу или в корпусе;
- дефекты изготовления и сборки:
- отсутствие осевых зазоров;
- малый радиальный зазор;
- дефекты корпусных деталей;
- защемление наружного кольца подшипника;
- дефекты регулировки:
- подшипник сильно зажат;
- перекос подшипника или вала;
- неправильное центрирование электродвигателя с приводом;
- повреждения уплотнительных устройств;
- повреждения системы охлаждения:
- недостаточная подача охлаждающей воды;
- высокая температура воды на входе.

Расширить диапазон субъективно воспринимаемых температур возможно при помощи зрительного восприятия, используя цвета побежалости и цвета каления (рис. 2.4).

Степень нагрева детали или заготовки при термической обработке, например, во время закалки, может быть определена по цвету каления.



**Рис. 2.4.** Цвета побежалости и цвета каления а) цвета побежалости на посадочной поверхности внутреннего кольца подшипника при схватывании и

провороте; б) изменение цветов калиения при охлаждении непрерывно литой заготовки на холодильнике МНЛЗ

Цвета калиения и соответствующие температуры (°C) для стальных изделий:

- тёмно-коричневый, слабое свечение в темноте – 530-580;
- коричнево-красный – 580-650;
- тёмно-красный – 650-730;
- тёмно-вишнёво-красный – 730-770;
- вишнёво-красный – 770-800;
- светло-вишнёво-красный – 800-830;
- светло-красный – 830-900;
- оранжевый – 900-1050;
- тёмно-жёлтый – 1050-1150;
- светло-жёлтый – 1150-1250;
- ярко-жёлтый – 1250-1300.

Указанные цвета могут несколько изменяться по отношению к конкретным маркам сталей, однако характер изменения цветности остаётся неизменным.

Цвета побежалости предоставляют информацию о степени нагрева детали во время поломки, перед отпуском или о перегреве детали во время сборки.

Цвета побежалости и соответствующие температуры (°C) для углеродистой стали:

- светло-жёлтый (соломенный) – 220;
- тёмно-жёлтый – 240;
- коричнево-жёлтый – 255;
- коричнево-красный – 265;
- пурпурно-красный – 275;
- фиолетовый – 285;
- васильково-синий – 295;
- тёмно-синий – 315;
- серый – 330.

#### **3.4. Дополнительные методы оценки технического состояния оборудования**

Визуальный осмотр широко используется при проведении осмотров и ревизий машин и механизмов, осуществляется исходя из возможностей человеческого зрения, основным недостатком которого является то, что при малой освещенности ему не помогают лучшие оптические приборы. В настоящее время отсутствуют средства, способные реализовать функции, выполняемые человеком при визуальном осмотре. Отличительной особенностью визуального осмотра являются трудности при формализации процесса решения задачи распознавания. Необходимо отметить субъективность

восприятия зрительной информации. Человек видит то, что знает. Незнакомые, неопознанные мозгом предметы остаются вне поля зрения. Поэтому важнейшим вопросом является определение диагностических, различаемых особенностей осматриваемой поверхности.

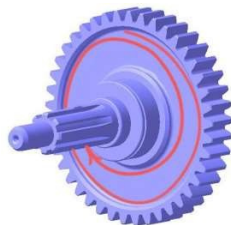
Вначале проводится **общий осмотр** оборудования и окружающих его объектов. При общем осмотре изучается картина состояния оборудования. Общий осмотр может носить самостоятельный характер и применяется при периодических осмотрах оборудования технологическим персоналом.

Под детальным понимается тщательный осмотр конкретных элементов оборудования. **Детальный осмотр** в зависимости от требований соответствующих нормативных и методических документов, проводится в определённом объёме и порядке. Во всех случаях детальному осмотру должен предшествовать общий осмотр.

Общий и детальный осмотр могут проводиться при статическом и динамическом режиме оборудования. При **статическом режиме** элементы оборудования осматриваются в неподвижном состоянии. Осмотр оборудования при **динамическом режиме** проводится на рабочей нагрузке, холостом ходу и при тестовых нагружениях (испытаниях).

Осмотр оборудования при включении или остановке механизма ориентируется в основном на контроль качества затяжки резьбовых соединений, отсутствие трещин корпусных деталей, целостность соединительных элементов. В рабочем режиме дополнительно проверяются биения валов, муфт, утечки смазочного материала, отсутствие контакта подвижных и неподвижных деталей.

При осмотре могут быть применены три основных способа: концентрический, эксцентрический, фронтальный. При **концентрическом** способе (рис. 11.5) осмотр ведётся по спирали от периферии элемента к его центру, под которым обычно понимается средняя условно выбранная точка. При **эксцентрическом** способе (рис. 11.6) осмотр ведётся от центра элемента к его периферии (по развёртывающейся спирали). При **фронтальном** способе (рис. 11.7) осмотр ведётся в виде линейного перемещения взгляда по площади элемента от одной его границы к другой.



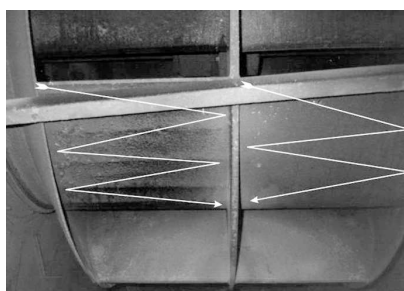
**Рис. 2.5.** Концентрический способ осмотра детали

При выборе способа осмотра учитываются конкретные обстоятельства. Так, осмотр помещения, где установлено оборудование, рекомендуется проводить от входа концентрическим способом. Осмотр элементов круглой формы целесообразно вести от центра к периферии (эксцентрическим

способом). Фронтальный осмотр лучше применять, когда осматриваемая площадь обширна и её можно разделить на полосы.



**Рис. 2.6.** Эксцентрисический способ осмотра детали




**Рис. 2.7.** Фронтальный способ осмотра детали



Под идентификацией дефектов и повреждений подразумевается отнесение неисправностей к определённому классу или виду (усталость, износ, деформация, фреттинг-коррозия и т.п.). Идентифицируя дефект или повреждение, зная его природу, специалист в дальнейшем может определить причины появления неисправности и степень её влияния на техническое состояние оборудования. Идентификация выявленных дефектов и повреждений осуществляется путём сравнения их характерных признаков с известными образцами или описаниями, которые для удобства пользования могут собираться и систематизироваться в иллюстрированных каталогах (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Пример каталога (базы данных) описаний неисправностей, дефектов и повреждений

| Внешний вид повреждения   | Описание повреждения                      | Причины возникновения  |
|---|---|--|
|  | Осповидное выкрашивание ролика подшипника | Воздействие переменных нагрузок при напряжениях в материале, достигающих предела выносливости. |



|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <p>Хрупкое разрушение металла втулки зубчатой муфты</p>  | <p>Перегрузка механизма.<br/>Низкое качество поковки.<br/>Неправильно выбранная марка стали.</p> |
|  | <p>Угловое смещение пятна контакта зубчатой передачи</p> | <p>Перекося валов редуктора.<br/>Несовпадение углов наклона зубьев шестерни и колеса.</p>        |

**Завершающая стадия** заключается в дополнительном осмотре элементов оборудования для уточнения ранее полученных результатов и их регистрации в отчётных формах.

**Регистрационные формы** – это определённый порядок записи результатов опроса, собственно осмотра и дополняющие их графические изображения деталей и объекта в целом: рисунки, эскизы, чертежи, фотоснимки и т.п. На графических изображениях должны обозначаться точка начала осмотра и его направление, места расположения обнаруженных дефектов и повреждений.

Формализация результатов проведения осмотра осуществляется протоколом осмотра. В протоколе осмотра отражается то, что специалист имел возможным обнаружить при осмотре, в том виде, в котором обнаруженное наблюдалось. Выводы, заключения, предположения специалиста о причинах возникновения дефектов и повреждений остаются за рамками протокола и обычно оформляются отдельным актом или отчётом. Не заносятся в протокол и сообщения лиц о ранее обнаруженных отклонениях, а также произошедших до прибытия специалиста изменениях обстановки. Такие сообщения оформляются самостоятельными протоколами.

К составлению протокола осмотра надо подходить с учётом того, что он может выступать в качестве самостоятельного документа. В этих целях протокол составляется краткими фразами, дающими точное и ясное описание осматриваемых объектов. В протоколе употребляются общепринятые выражения и термины, одинаковые объекты обозначаются одним и тем же термином на протяжении всего протокола. Описание каждого объекта осмотра идёт от общего к частному (вначале даётся общая характеристика осматриваемого оборудования, его расположение на месте осмотра, а затем описывается состояние и частные признаки). Полнота описания объекта определяется предполагаемой значимостью и возможностью сохранения данных. Фиксируются все имеющиеся признаки дефектов и особенно те, которые могут быть со временем утрачены. Каждый последующий объект

описывается после полного завершения описания предыдущего. Объекты, связанные между собой, описываются последовательно тем, чтобы дать более точное представление об их взаимосвязи. Количественные величины указываются в общепринятых метрологических величинах. Не допускается употребление неопределённых величин («вблизи», «в стороне», «около», «рядом», «почти», «недалеко» и пр.). В протоколе отмечается факт обнаружения каждого из следов и предметов, в отношении каждого объекта указывается, что было с ним сделано, какие средства, приёмы, способы были применены. При описании оборудования и отдельных его элементов в протоколе приводятся ссылки на планы, схемы, чертежи, эскизы и фотографии. Каждый осматриваемый элемент оборудования должен иметь отдельную запись о результатах его осмотра. Выводы протокола должны содержать информацию о наличии и характере дефектов, а при невозможности его установления – о необходимости последующего проведения идентификации.

Трещины – это разрывы, преимущественно двухмерного характера, ограничивающие поверхности трещин часто располагаются перпендикулярно к поверхности детали.

Абразивный износ – участки с повышенной шероховатостью вдоль направления действия абразива.

Пятно ржавчины – дефект поверхности в виде пятен или полос рыхлой структурой окисной плёнки.

Вмятина – дефект поверхности в виде произвольно расположенных углублений различной формы, образовавшихся вследствие повреждений и ударов поверхности.

Риска – дефект поверхности в виде канавки без выступа кромок с закругленным или плоским дном, образовавшийся от царапания поверхности металла.

Задир – повреждение поверхности в виде широких и глубоких борозд в направлении скольжения.

Царапание – образование углублений на поверхности трения в направлении скольжения при воздействии выступов твёрдого тела или твёрдых частиц с рабочей поверхностью детали.

Отслаивание – отделение с поверхности трения материала в форме чешуек.

Выкрашивание – отделение с поверхности трения материала, приводящее к образованию углублений на поверхности трения.

Схватывание – явление местного соединения материалов сопряжённых поверхностей при трении вследствие взаимодействия молекулярных сил.

Перенос металла – явление, состоящее в местном соединении материалов сопряжённых поверхностей, последующем его отрыве и переходе материала на другую поверхность.

Заедание – процесс возникновения и развития повреждений поверхностей трения вследствие схватывания и переноса материала.



Основные задачи, решаемые в визуальном осмотре:

- определение причин и характера разрушения и износа деталей по виду поверхности износа или излома;
- обнаружение трещин корпусных деталей, опор или основания;
- контроль поступления смазочного материала, наличия утечек масла (признак, определяющий избыток смазки, неисправность уплотнений или ослабление резьбовых соединений);
- контроль биения валов (свидетельствуют о повреждениях подшипников), муфт (свидетельствуют о повреждениях муфт либо о неправильной центровке валов), затяжки резьбовых соединений.

Колебания масляной или водной плёнки, появление пузырей в местах соединений деталей – результат ослабления резьбовых соединений. На это указывает и появление порошка красного цвета (окиси железа) в местах относительного перемещения деталей из-за насыщения поверхностных слоёв металла кислородом при воздействии растягивающих напряжений. Наличие чёткой разделительной линии между корпусом механизма и фундаментом определяет необходимость затяжки резьбовых соединений.

К визуальным методам может быть отнесен и метод диагностирования редукторов по значению мёртвого хода: при неподвижном выходном валу проворачивают входной до выбора зазоров в зубчатых передачах и по значению угла поворота входного вала судят о степени износа зубьев.

Симптомы неисправности при контроле поступления смазочного материала зависят от способа смазывания. При контроле количества масла в редукторе по уровнемеру или по масляному щупу – это уровень меньший, чем нижний допустимый предел. Проверка работы насоса подачи масла включает поиск утечек и проверку давления масла по манометру, которое должно соответствовать проектному диапазону.

Работа питателей проверяется в случае использования пластичных смазочных материалов. Симптом неисправности питателей – неравномерная работа штоков либо отсутствие перемещения при переключении системы смазывания.

В случае установки расходомера контролируется расход масла, который должен отвечать стандартному значению. Визуально определяется степень просачивания пластичного смазочного материала из уплотнительной части – чрезмерное просачивание или сухая уплотнительная часть являются симптомами неисправности.

Состояние обрызгивания маслом зубчатых колёс проверяется через смотровое стекло (определяется недостаточность или неравномерность обрызгивания). На смотровом стекле при удовлетворительном смазывании обычно наблюдается несколько капель масла.

Изменение цвета масла указывает на наличие загрязняющих веществ. Вода в смазке приводит к появлению мутно-белого цвета. Светлые масла рассматриваются в проходящем свете на прозрачность. Для тёмных масел

ёмкость с маслом подогревается до 80 °С, потрескивание в ходе нагрева свидетельствует о присутствии воды. Присутствие воды в смазочном материале не приводит к существенному изменению характеристик смазочного слоя, однако возникающие коррозионные процессы провоцируют абразивный износ.

Цвет пластичной смазки может изменяться от светло-жёлтого до тёмно-коричневого. О наличии примесей свидетельствует золотистый цвет в случае подшипников скольжения и более тёмный цвет в случае подшипников качения.

Вязкость масла должна отвечать стандартному значению. Помимо лабораторных способов вязкость может оцениваться визуально и на ощупь. Пластичная смазка должна быть гладкой и мягкой, без посторонних включений.

Присутствие абразивных механических примесей в маслах определяют пробой на истирание. На чистое плоское стекло наносят несколько капель испытуемого масла и закрывают вторым стеклом. Передвигают стёкла одно относительно другого, плотно прижав их пальцами. Если в масле присутствуют абразивные механические примеси, то слышен характерный скрип.

### **3.2. Объективные (приборные) методы оценки технического состояния оборудования**

Для каждого объекта можно указать множество параметров, характеризующих его техническое состояние (ПТС). Их выбирают в зависимости от применяемого метода диагностирования (контроля). Изменения значений ПТС в процессе эксплуатации связаны либо с внешними воздействиями на объект, либо с повреждающими (деградационными) процессами (процессами, приводящими к деградационным отказам из-за старения металла, коррозии и эрозии, усталости и т.д.).

Параметры объекта, используемые при его диагностировании (контроле), называются диагностическими (контролируемыми) параметрами. Следует различать прямые и косвенные диагностические параметры. Прямой структурный параметр (например, износ трущихся элементов, зазор в сопряжении и др.) непосредственно характеризует техническое состояние объекта. Косвенный параметр (например, давление масла, температура, содержание CO<sub>2</sub> в отработанных газах и др.) косвенно характеризует техническое состояние. Об изменении технического состояния объекта судят по значениям диагностических параметров, позволяющих определить техническое состояние объекта без его разборки. Набор диагностических параметров устанавливается в нормативной документации по техническому диагностированию объекта или определяется экспериментально.

Количественные и качественные характеристики диагностических параметров являются признаками того или иного дефекта. У каждого дефекта может быть несколько признаков, в том числе некоторые из них могут быть общими для группы разных по природе дефектов.

Теоретическим фундаментом технической диагностики считают общую теорию распознавания образов, являющуюся разделом технической

кибернетики. К решению задачи распознавания существует два подхода: вероятностный и детерминистский. Вероятностный использует статистические связи между состоянием объекта и диагностическими параметрами и требует накопления статистики соответствия диагностических параметров видам технического состояния. Оценка состояния при этом осуществляется с определенной достоверностью. Детерминистский подход, применяемый чаще всего, использует установленные закономерности изменения диагностических параметров, определяющих состояние объекта.

Помимо теории распознавания, в технической диагностике используют также **теорию контролеспособности**. Контролеспособность определяется конструкцией объекта, задается при его проектировании и является свойством объекта обеспечивать возможность достоверной оценки диагностических параметров. Недостаточная достоверность оценки технического состояния является фундаментальной причиной низкой достоверности распознавания состояния оборудования и оценки его остаточного ресурса.

Таким образом, в результате предшествующих исследований устанавливают связи между характеристиками диагностических параметров и состоянием объекта и разрабатывают диагностические алгоритмы (алгоритмы распознавания), представляющие собой последовательность определенных действий, необходимых для постановки диагноза. Диагностические алгоритмы включают также систему диагностических параметров, их эталонные уровни и правила принятия решения о принадлежности объекта к тому или иному виду технического состояния.

Определение вида технического состояния оборудования может производиться как в собранном состоянии, так и после его полной разборки. В период нормальной эксплуатации используют **методы безразборной диагностики**, как наиболее экономичные. **Методы технической диагностики**, требующие разборки, обычно применяют при капитальном ремонте оборудования – при дефектации его элементов. Основной проблемой безразборной технической диагностики является оценка состояния оборудования в условиях ограниченности информации.

По способу получения диагностической информации техническую диагностику разделяют на тестовую и функциональную. В тестовой диагностике информацию о техническом состоянии получают в результате воздействия на объект соответствующего теста. **Тестовая диагностика** основана на использовании различных методов неразрушающего контроля. Контроль при этом осуществляется, как правило, на неработающем оборудовании. Тестовая диагностика может производиться как в собранном, так и в разобранном состоянии. **Функциональную диагностику** проводят только на работающем оборудовании в собранном состоянии.

Функциональную диагностику в свою очередь подразделяют на **вибрационную** и **параметрическую** диагностики. При использовании функциональной параметрической диагностики оценка технического

состояния осуществляется по величине функциональных параметров оборудования при его работе, при этом подача целенаправленных тестовых воздействий не требуется. Отклонение этих параметров от их номинального значения (температура, давление, мощность, количество перекачиваемого продукта, КПД и т.д.) свидетельствует об изменении технического состояния элементов объекта, формирующих данный параметр. Контроль функциональных параметров обычно осуществляется в постоянном режиме оперативным обслуживающим персоналом с помощью штатных приборно-измерительных комплексов технологического оборудования. В связи с этим функциональную параметрическую диагностику часто называют оперативной. Способы функциональной параметрической диагностики обычно излагаются в инструкциях и руководствах по эксплуатации соответствующего вида оборудования и в данном пособии специально не рассматриваются.

Вибрационная диагностика бывает двух видов: **тестовая** и **функциональная**. Сущность функциональной вибрационной диагностики заключается в использовании параметров вибрации оборудования при функционировании в рабочих условиях для оценки его технического состояния без разборки. Особенностью функциональной вибрационной диагностики является использование в качестве диагностических не статических параметров типа температуры или давления, а динамических – виброперемещения, виброскорости и виброускорения.

Помимо отмеченных выше видов диагностики, для оценки состояния оборудования применяют **методы разрушающего контроля**, предусматривающие частичное разрушение объекта (например, при вырезке проб для установления свойств материалов путем их механических испытаний), а также инструментальный измерительный контроль элементов оборудования при его разборке во время обследования или ремонта. Классификация видов технической диагностики приведена на рис. 11.8.

Системы диагностики различаются уровнем получаемой информации об объекте. В зависимости от решаемой задачи выделяют следующие виды диагностических систем: для разбраковки объектов на исправные и неисправные или для аттестации объектов по классам; поиска и измерения дефектов и повреждений; мониторинга состояния объекта и прогнозирования его остаточного ресурса. Последняя из перечисленных систем является наиболее сложной и применяется для ответственных и дорогостоящих опасных производственных объектов и технологического оборудования. Такие системы, предусматривающие проведение постоянного мониторинга с применением комплекса методов контроля технического состояния, позволяют проводить оперативную корректировку прогнозных оценок определяющих параметров и уточнение остаточного ресурса. В качестве основных методов контроля развития дефектности в комплексных системах мониторинга в настоящее время

используют: для емкостного оборудования – акустико-эмиссионный контроль, для машинного – контроль вибрационных параметров.



**Рис. 2.8.** Классификация видов технической диагностики

Современное технологическое оборудование представляет собой сложные технические системы. Надежность любой технической системы определяется надежностью составляющих ее элементов. В большинстве случаев для сложных систем контроль одного или нескольких элементов малоэффективен, так как остается неизвестным состояние остальных.

Составляющие элементы сложных технических систем могут соединяться между собой последовательным, параллельным или комбинированным способами. При последовательном соединении элементов с вероятностью безотказной работы  $P_1, P_2, \dots, P_n$  вероятность безотказной работы системы определяется из выражения:

$$P(t) = P_1 P_2 \dots P_n, \quad (2.1)$$

где  $P$  – вероятность безотказности  $i$ -го элемента.

При параллельном соединении:

$$P(t) = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n), \quad (2.2)$$

При комбинированном способе вначале определяют вероятность безотказной работы элементов с параллельным соединением, а затем – с последовательным.

Способ параллельного соединения дублирующих элементов называется резервированием. Резервирование позволяет резко повысить надежность сложных технических систем. Например, если в системе перекачки сырой нефти предусмотрены два независимых параллельных насоса с вероятностью безотказной работы  $P_1 = P_2 = 0,95$ , то вероятность безотказной работы всей системы:

$$P(t) = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) = 1 - (1 - 0,95)(1 - 0,95) = 0,998 \quad (2.3)$$

Суммарная надежность системы определяется надежностью ее составляющих. Чем больше количество составляющих, из которых состоит система, тем выше должна быть надежность каждой из них. Например, если техническая система состоит из 100 последовательно соединенных элементов с одинаково высокой вероятностью безотказной работы 0,99, то общая ее надежность будет равна  $0,99^{100}$ , что составит около 0,37, т. е. вероятность безотказной работы системы в течение заданного времени  $t$  составляет только 37 %. В связи с этим при диагностировании сложных систем, прежде всего включающих большое число составляющих без резервирования, для получения достоверной оценки их надежности необходимо осуществлять сплошной контроль всех составляющих.

Состояние технической системы может описываться множеством параметров. При диагностировании сложных систем, работоспособность которых характеризуется большим числом параметров, возникает ряд дополнительных проблем, а именно:

- необходимо установить номенклатуру основных диагностических параметров, характеризующих работоспособность системы, и задать технические средства их контроля;

- по совокупности этих параметров необходимо разработать алгоритм оценки технического состояния системы и соответствующие программные продукты для ЭВМ.

При проведении диагностики применяют **сплошной** и **выборочный контроль**. Крайне важным фактором является то, что применение современных неразрушающих методов позволяет перейти к сплошному контролю. Для сложного технологического оборудования, состоящего из большого числа зависимых элементов, введение сплошного неразрушающего контроля является необходимым условием достоверной оценки его технического состояния.

### **Задания для практической работы**

**Практическая работа.** Выбор методов и способов определения значений технического состояния оборудования, оснастки, инструментов.

**Задание 1.** Методы оценки технического состояния оборудования.

Изучите теоретический материал, представленный в методических указаниях. Составьте схему: Методы оценки технического состояния оборудования.

**Задание 2.** Определение вероятности безотказной работы. Изучите теоретический материал, представленный в методических указаниях. Рассмотрите приведенный ниже пример решения задач.

**Пример.** В цехе работают три станка. Вероятность отказа в течение смены для станков соответственно равна 0,1, 0,2 и 0,15. Найти вероятность того, что в течение смены безотказно проработают два станка.

**Решение.** Обозначим события:  $A_1$  – первый станок в течение смены безотказно проработал;  $A_2$  – второй станок в течение смены безотказно проработал;  $A_3$  – третий станок в течение смены безотказно проработал.

Тогда вероятность того, что в течение смены безотказно проработают два станка, будет равна:

$$P(A) = P(A_1A_2\bar{A}_3 + A_1\bar{A}_2A_3 + A_1A_2A_3) = P(A_1A_2A_3) + P(A_1A_2\bar{A}_3) + P(A_1\bar{A}_2A_3) + P(\bar{A}_1A_2A_3) = P(A_1)P(A_2)P(\bar{A}_3) + P(A_1)P(\bar{A}_2)P(A_3) + P(\bar{A}_1)P(A_2)P(A_3) = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,15 + 0,9 \cdot 0,2 \cdot 0,85 + 0,1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,329.$$

Ответ:  $P(A) = 0,329$ .

Решите задачи:

1. В цехе работают три станка. Вероятность отказа в течение смены для станков соответственно равна 0,012, 0,014 и 0,016. Найти вероятность того, что в течение смены безотказно проработают два станка.

2. В цехе работают три станка. Вероятность отказа в течение смены для станков соответственно равна 0,01, 0,012 и 0,005. Найти вероятность того, что в течение смены безотказно проработает один станок.

3. В цехе работают три станка. Вероятность отказа в течение смены для станков соответственно равна 0,02, 0,04 и 0,05. Найти вероятность того, что в течение смены безотказно проработают все три станка.

4. Электрическая цепь состоит из 3 последовательно включенных и независимо работающих приборов. Вероятности выхода из строя первого, второго и третьего прибора соответственно равны 0,25, 0,05 и 0,1. Вычислите вероятность того, что в цепи не будет тока.

5. Установка состоит из узлов  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , выполненных параллельно. Вероятность выхода из строя этих узлов следующая:  $P_x=0,02$ ,  $P_y=0,2$ ,  $P_z=0,02$ . Для того, чтобы установка вышла из строя должны отказать одновременно все узлы. Подсчитать вероятность отказа всей установки  $P_y$ .

6. Установка состоит из трех узлов:  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , расположенных последовательно. Узел  $B$ , в свою очередь состоит из 2-х узлов  $B_1$  и  $B_2$  включенных параллельно. Вероятность отказа  $P(A)=0,02$ ,  $P(B_1)=0,2$ ,  $P(B_2)=0,2$ ,  $P(C)=0,02$ . Найти вероятность отказа всей установки.

7. Прибор, работающий в течение времени  $t$ , состоит из трех узлов, каждый из которых, независимо от других, может в течение времени  $t$  отказать (выйти из строя). Отказ хотя бы одного узла приводит к отказу прибора в целом. За время  $t$  надежность (вероятность безотказной работы) первого узла равна  $P_1=0,8$ ; второго  $P_2=0,9$ ; третьего  $P_3=0,7$ . Найти надежность прибора в целом.

8. При изготовлении детали на станке выполняются три технологические операции. Вероятность появления дефекта при выполнении 1, 2 и 3 операции равны соответственно  $P_1=0,1$ ;  $P_2=0,5$ ;  $P_3=0,08$ . Найти вероятность того, что при изготовлении детали в ней будет обнаружен ровно один дефект.

9. Техническая система состоит из трех подсистем, которые могут отказать независимо друг от друга. Отказ каждой подсистемы приводит к отказу всей системы. Вероятность того, что в течение времени  $t$  первая подсистема проработает безотказно, равна 0,7, вторая – 0,9, третья – 0,8. Найти

вероятность того, что в течение времени  $t$  система проработает безотказно. Найти вероятность отказа системы за время  $t$ .

10. Техническая система состоит из четырех подсистем, которые могут отказать независимо друг от друга. Отказ каждой подсистемы приводит к отказу всей системы. Вероятность того, что в течение времени  $t$  первая подсистема проработает безотказно, равна 0,9, вторая – 0,95, третья – 0,98, четвертая – 0,99. Найти вероятность того, что в течение времени  $t$  система проработает безотказно. Найти вероятность отказа системы за время  $t$ .

11. Техническая система состоит из четырех подсистем, которые могут отказать независимо друг от друга. Отказ всей системы произойдет только при отказе каждой подсистемы. Вероятность того, что в течение времени  $t$  первая подсистема проработает безотказно, равна 0,9, вторая – 0,95, третья – 0,98, четвертая – 0,99. Найти вероятность того, что в течение времени  $t$  система проработает безотказно. Найти вероятность отказа системы за время  $t$ .

12. Техническая система состоит из трех подсистем, которые могут отказать независимо друг от друга. Отказ всей системы произойдет только при отказе каждой подсистемы. Вероятность того, что в течение времени  $t$  первая подсистема проработает безотказно, равна 0,7, вторая – 0,9, третья – 0,8. Найти вероятность того, что в течение времени  $t$  система проработает безотказно. Найти вероятность отказа системы за время  $t$ .

Ответьте на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение: техническое состояние объекта.
2. Какие виды технического состояния различают?
3. Дайте определение: средство технического диагностирования. Какие средства технического диагностирования Вы знаете?
4. Дайте определение: контролепригодность.
5. Какие системы технического диагностирования Вы знаете?
6. Какие методы оценки технического состояния оборудования Вы знаете?
7. Как используют анализ шума для оценки технического состояния оборудования?
8. Как вибрация механизмов позволяет оценить техническое состояние оборудования?
9. Дайте характеристику температуре как диагностическому параметру при оценке технического состояния оборудования.
10. Перечислите основные отклонения акустических шумов и назовите их причины.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технологическое оборудование механических и гидромеханических процессов. Часть 1 : учебное пособие / С. Т. Антипов, Г. В. Калашников, В. Е. Игнатов, В. В. Торопцев ; под редакцией С. Т. Антипов. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. — 144 с. — ISBN 978-5-00032-302-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74023.html> Седых, Л. В. Прогрессивное технологическое оборудование : учебное пособие / Л. В. Седых. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2017. — 95 с. — ISBN 978-5-906953-37-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/78522.html>

2. Пневмомеханическое и гидродинамическое технологическое оборудование : учебное пособие / В. С. Севостьянов, С. А. Михайличенко, Т. Н. Ильина, В. Я. Дзюзер. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017. — 322 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/80469.html>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 3  |
| <b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1</b>  |    |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ<br>ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА<br>ОБОРУДОВАНИЯ, ОСНАСТКИ, ИНСТРУМЕНТОВ..... | 4  |
| <b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2</b>   |    |
| ВЫБОР МЕТОДОВ И СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ<br>ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ОСНАСТКИ,<br>ИНСТРУМЕНТОВ.....                    | 17 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....   | 41 |

# **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
к выполнению практических работ по дисциплине  
«Технологическое оборудование промышленных предприятий»  
для студентов направления 27.03.02 Управление качеством профиль:  
Энергетический менеджмент в строительстве и промышленности

Составители:

**Поцбнева Ирина Валерьевна**

В авторской редакции

Подписано к изданию 03.06. 2021.

Объем данных

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394026 Воронеж, Московский проспект 14